

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-288191

(43) Date of publication of application : 27.10.1998

(51)Int.CI. F04D 19/04  
H02K 7/09  
H02K 7/14  
H02K 19/10

(21) Application number : 09-099224

(71)Applicant : DAIKIN IND LTD

(22) Date of filing : 16.04.1997

(72)Inventor : HIWADA TAKESHI

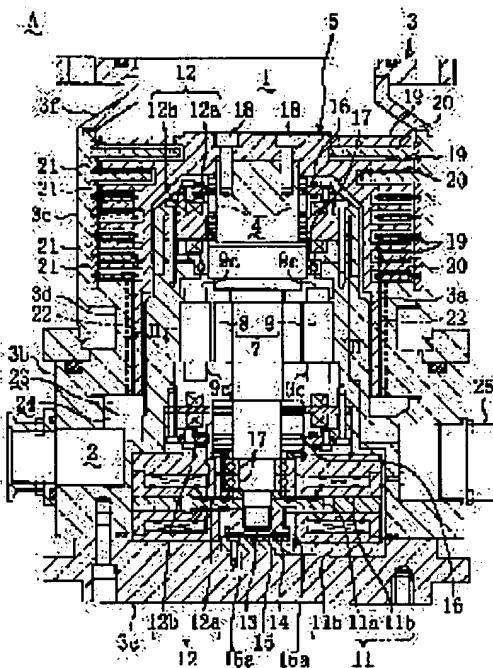
(54) PUMP

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve pump performance by performing a high speed revolution of a pump rotor by increasing a bending resonance frequency by using a switched reluctance motor for a motor revolving and driving a pump.

**SOLUTION:** A motor 7 is made a switched reluctance motor (SR motor). Because the motor 7 having a rotor 8 which is externally fitted into a rotary shaft 4 so as to be revolved integrally with the rotary shaft 4 on which a pump rotor 5 is provided so as to be revolved integrally with the rotary shaft 4 is constituted of the SR motor, the length of the rotor 8 can be shortened by increasing the circumferential direction width in each magnetic pole of the rotor 8, and the widening of a stator 9 is completed in each magnetic pole and each coil end 9c can be shortened. Therefore, copper loss is little and iron loss is little because the magnetic pole of the stator 9 can be fixed to an N pole or an S pole.

Therefore, efficiency of the motor 7 becomes high and the whole length of the motor 7 can be shortened. Thus, a high speed revolution is made possible because the whole length of a rotary shaft 4 can be shortened and the bending resonance frequency of a rotary system can be increased.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## 書誌

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】公開特許公報(A)  
(11)【公開番号】特開平10-288191  
(43)【公開日】平成10年(1998)10月27日  
(54)【発明の名称】ポンプ  
(51)【国際特許分類第6版】

F04D 19/04  
H02K 7/09  
7/14  
19/10

## 【FI】

F04D 19/04 H  
H02K 7/09  
7/14 B  
19/10 A

## 【審査請求】未請求

## 【請求項の数】4

## 【出願形態】OL

## 【全頁数】6

(21)【出願番号】特願平9-99224  
(22)【出願日】平成9年(1997)4月16日  
(71)【出願人】

【識別番号】000002853

【氏名又は名称】ダイキン工業株式会社

【住所又は居所】大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル

## 【72】【発明者】

【氏名】桧皮 武史

【住所又は居所】大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社堺製作所金岡工場内

## 【74】【代理人】

【弁理士】

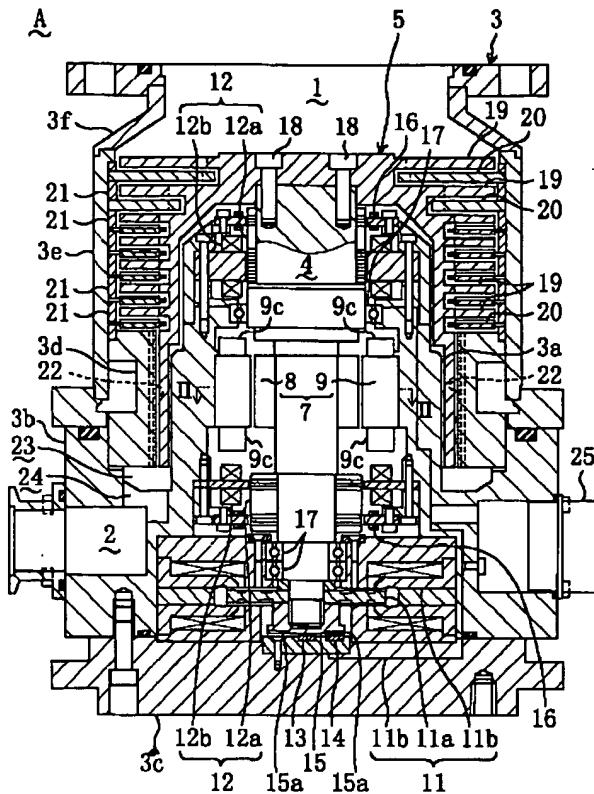
【氏名又は名称】前田 弘 (外2名)

## 要約

### (57)【要約】

【課題】モータ7のロータ8及びポンプロータ5が同一回転軸4上に回転一体に設けられ、かつそのモータ7により回転駆動されるターボ分子ポンプAに対して、回転軸4等の回転系の曲げ共振周波数を高くしてポンプロータ5をより高速で回転させることができるようにし、ターボ分子ポンプAの真空性能を向上させる。

【解決手段】モータ7にスイッチドリラクタンスモータ(Switched Reluctance Motor: SRモータ)を使用してそのロータ7の全長を短くすることにより、回転軸4の全長を短くする。



## 請求の範囲

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】モータ(7)によって回転駆動されるポンプにおいて、上記モータ(7)は、スイッチドリラクタ  
ンスマータからなることを特徴とするポンプ。

【請求項2】請求項1記載のポンプにおいて、モータ(7)のロータ(8)及びポンプロータ(5)が同一回転軸(4)上に回転一体に設けられていることを特徴とするポンプ。

【請求項3】請求項2記載のポンプにおいて、回転軸(4)は、磁気軸受(11), (12)により浮上保持されるように構成されていることを特徴とするポンプ。

【請求項4】真空ポンプ(A)であることを特徴とする請求項1、2又は3記載のポンプ。

## 詳細な説明

## 【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は、モータによって高速で回転駆動される真空ポンプ等のポンプに関する技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】一般に、この種のポンプは、例えばモータのロータ及びポンプロータが同一回転軸上に回転一体に設けられており、このモータとしては、通常、ACモータやDCモータが使用されている。また、上記回転軸の両端部には、該回転軸を回転可能に支持する軸受が設けられている。この軸受としては、ボールベアリング又は磁気軸受が用いられている。

【0003】そして、上記ポンプでは、その性能を向上させるために上記回転軸及びポンプロータを高速で回転させることが要求されているが、共振現象が生じないようにするために、その定格回転周波数を上記モータや回転軸等の回転系における曲げ共振周波数よりも低く設定している。すなわち、ポンプロータをより高速で回転させるには、曲げ共振周波数を出来る限り大きくなるようにしておく必要がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記曲げ共振周波数を高くするための一つの方法として、モータロータ、ポンプロータ及び回転軸の全長を短くすることが考えられる。しかし、従来のポンプでは、それらを短くするのは限界に達しており、曲げ共振周波数を高くするのは困難である。特に磁気軸受を使用するものでは、共振現象が発生しなければ、より高速で安定的に回転軸を回転させることができるもの、回転軸を浮上保持させる電磁石、回転軸の浮上位置を検出する位置センサ及び回転異常時に回転軸が上記電磁石等に接触しないようにするためのタッチダウンペアリング等が回転軸に沿って必要となるので、回転軸の全長がより一層長くなり、曲げ共振周波数を高くすることはできなくなる。また、ポンプロータ径を大きくしてその周速度を向上させることでポンプ性能を向上させようとしても、ポンプロータが大きくなる分、曲げ共振周波数が低下してしまうので、定格回転周波数を下げる必要があり、その結果、ポンプロータの周速度を向上させることはできない。

【0005】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、モータによって回転駆動されるポンプに対して、そのモータに着目することによって、曲げ共振周波数を高くしてポンプロータをより高速で回転させることができるようにし、ポンプ性能を向上させようとするところにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明では、モータにスイッチドリラクタンスマータ(Switched Reluctance Motor: SRモータ)を使用するようにした。

【0007】具体的には、請求項1の発明では、図1及び図2に示すように、モータ(7)によって回転駆動されるポンプを前提とする。

【0008】そして、上記モータ(7)は、スイッチドリラクタンスマータからなるものとする。

【0009】すなわち、SRモータは、ACモータやDCモータと比較して、ロータ(8)の各磁極(8a)における円周方向の幅を大きくしてロータ(8)の鉄心部の長さを短くすることができると共に、ステータ(9)の巻線が各磁極(9)で完結していてコイルエンド(9b)を短くすることができる。また、コイルエンド(9b)が短いので、銅損が少なく、ステータ(9)の各磁極(9b)を常にN極又はS極に固定することができるので、鉄損も少ない。このため、モータ(7)の効率を高くすることができる。この結果、ACモータやDCモータに対して出力及び外径が同じであれば、SRモータの全長を半分程度にすることができる。したがって、モータ(7)のロータ(8)等の回転系の曲げ共振周波数を高くすることができ、共振現象の発生を防止しつつ、ポンプをより高速で回転させることができる。よって、ポンプの性能を向上させることができる。

【0010】請求項2の発明では、請求項1の発明において、図1に示すように、モータ(7)のロータ(8)及びポンプロータ(5)が同一回転軸(4)上に回転一体に設けられているものとする。

【0011】このことにより、モータ(7)の性能をACモータやDCモータと略同じに維持しつつ、モータ(7)の全長が短くなる分だけ回転軸(4)の全長を直に短くして曲げ共振周波数を高くする効果を高めることができる。よって、請求項1の発明の作用効果をより助長することができる。

【0012】請求項3の発明では、請求項2の発明において、図1に示すように、回転軸(4)は、磁気軸受(11)、(12)により浮上保持されるように構成されているものとする。

【0013】すなわち、磁気軸受式のポンプでは、回転軸(4)に沿って配置すべき部品が多くて回転軸(4)の全長が長くなり、曲げ共振周波数が低くなる傾向にあるので、出来る限りその全長を短くすることが要求されている。よって、請求項2の発明の有効な利用を図ることができ、ポンプ性能を安定的に向上させることができる。

【0014】請求項4の発明では、請求項1、2又は3の発明において、図1に示すように、ポンプは真空ポンプ(A)であるものとする。

【0015】このことにより、真空ポンプ(A)ではその真空性能をより向上させるために、高速で回転駆動させることができが特に要求されている。よって、請求項1、2又は3の発明の最適な利用を図ることができる。

## 【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ(A)の全体構成を示している。このターボ分子ポンプ(A)は、例えば半導体製造時のドライエッチング工程において、その基板表面に形成されているアルミニウムの金属膜を真空雰囲気で塩素系ガスを用いてエッチングする際に、その反応生成物であ

る塩化アルミニウム( $AlCl_3$ )のガス分子を排気するために用いられる。

【0017】上記ターボ分子ポンプ(A)は、吸気口(1)及び排気口(2)を有するケーシング(3)と、このケーシング(3)内に回転可能に設けられかつ上下方向に延びるように配置された回転軸(4)と、この回転軸(4)に回転一体に設けられたポンプロータ(5)とを備えている。このターボ分子ポンプ(A)は、上記回転軸(4)及びポンプロータ(5)を回転駆動するモータ(7)を内蔵している。

【0018】上記ケーシング(3)は、上下方向に延びかつ上下両端が開口された略円筒状の内部ケーシング(3a)と、この内部ケーシング(3a)の下端開口縁に外向きフランジ状に一体に設けられた排気口ケーシング(3b)と、この排気口ケーシング(3b)の下面に内部ケーシング(3a)の下端開口を覆うように設けられた底部ケーシング(3c)と、上記排気口ケーシング(3b)上に上下に重なるように設けられた円筒状の下部ポンプケーシング(3d)及び上部ポンプケーシング(3e)と、この上部ポンプケーシング(3e)の上端開口縁に設けられた吸気口ケーシング(3f)とからなっている。そして、上記吸気口(1)は吸気口ケーシング(3f)により形成されている一方、排気口(2)は、排気口ケーシング(3b)に側方(図1の左方)に向かって開口した状態に形成されている。

【0019】上記排気口ケーシング(3b)と底部ケーシング(3c)との間には、回転軸(4)をスラスト方向(図1の上下方向)において回転可能に浮上保持するスラスト磁気軸受(11)が配置されている。この磁気軸受(11)は、回転軸(4)の下端部に同心状にかつ回転一体に設けられた磁性体からなるディスク(11a)と、このディスク(11a)の上下に近接配置された電磁石(11b)、(11b)とからなっている。一方、内部ケーシング(3a)内の上下2箇所には、各々、回転軸(4)をラジアル方向において回転可能に浮上保持するラジアル磁気軸受(12)が配置されている。各ラジアル磁気軸受(12)は、回転軸(4)に回転一体に外嵌合された磁性体からなる円筒部(12a)と、この円筒部(12a)の外周側に近接配置された電磁石(12b)とからなっている。

【0020】これら両ラジアル磁気軸受(12)、(12)間に上記モータ(7)は配置されている。このモータ(7)は、電気自動車や二輪車等に使用されているスイッチドリラクタンスモータ(Switched Reluctance Motor: SRモータ)からなる。このモータ(7)は、回転軸(4)に回転一体に外嵌合されたモータロータ(8)と、このモータロータ(8)の外周側に配置されたモータステータ(9)とを有している。尚、上記モータ(7)のロータ(8)及びポンプロータ(5)は、同一の回転軸(4)上に設けられていることになる。

【0021】上記ロータ(8)及びステータ(9)は、図2に示すように、それぞれ6極及び8極からなる磁極(8a)、(8a)、…、(9a)、…を有し(ステータ(9)はロータ(8)よりも2極多い磁極を有する)、ACモータやDCモータと異なり、共に突極歯構造をなしている。

【0022】上記ステータ(9)の各磁極(9a)はそれぞれ独立の相巻線(9b)を有し、その巻方向は、向かい合う2つの磁極(9a)、(9a)においてN及びSの逆極となるように互いに逆方向とされている。この各巻線(9b)の上下両端部であるコイルエンド(9c)、(9c)は、ステータ(9)の上下端からそれぞれ上下に突出している。一方、上記ロータ(8)は、相巻線や永久磁石を有しておらず、鉄心のみからなる。

【0023】そして、このモータ(7)は、VR(Variabule Reluctance)形ステッピングモータと同様に、リラクタンストルクのみでロータ(8)が回転するようになっている。すなわち、このモータ(7)の動作原理を図3により詳細に説明すると、同図(a)に示すように、ロータ(8)及びステータ(9)の各磁極(8a)、(9a)同士が対面している状態が磁気抵抗が最も小さくなり、安定点となる。そして、この安定点から、同図(b)に示すように、ロータ(8)に外力を加えて反時計回り方向にずらそうとすると、時計回り方向に反抗トルクが現れる。つまり、ロータ(8)及びステータ(9)の磁極(8a)、(9a)が互いにずれると、各磁極(8a)、(9a)端部で磁力線(同図に矢印で示す)が曲り、この磁力線は強い張力を有して短く真っ直ぐになろうとする(マックスウェルの応力)ので、時計回り方向にトルクが作用し、ロータ(8)及びステータ(9)の各磁極(8a)、(9a)同士が対面しようとする。このことで、ロータ(8)の円周方向の位置をエンコーダ(図示せず)で検出してステータ(9)の向かい合う励磁極(9a)、(9a)を半導体パワースイッチで順に切り替えることにより、連続してロータ(8)は回転するようになっている。尚、図2の状態では、磁力線(点線で示す)が発生している磁極(9a)、(9a)が励磁されている。

【0024】上記回転軸(4)の下端部下方には、該回転軸(4)のスラスト方向の位置を検出するスラスト位置センサ(13)と、回転軸(4)の回転周波数を検出する回転センサ(14)とが設けられている。具体的には、上記回転軸(2)の下端部にはアキシャルターゲット(15)が回転一体に設けられている。

方、底部ケーシング(3c)の回転軸(4)の軸心に対向する位置に上記位置センサ(13)が、また軸心から偏心した位置に上記回転センサ(14)がそれぞれ配置されている。そして、上記アキシャルターゲット(15)の底面は回転軸(4)の軸心と直交する平面とされており、この底面とのギャップをスラスト位置センサ(13)により検出するようになっている。また、アキシャルターゲット(15)の底面における周縁部の互いに180°だけずれた2箇所の位置には、回転周波数検出用の凹部(15a)がそれぞれ設けられており、これら凹部(15a), (15a)が回転センサ(14)上を通過する回数に基づいて回転軸(4)の回転周波数を検出するようになっている。

【0025】上記スラスト磁気軸受(11)と、下側のラジアル磁気軸受(12)との間には、回転軸(4)の下端側のラジアル方向の位置を検出するラジアル位置センサ(16)が配置されている。また、上側のラジアル磁気軸受(12)の上方には、回転軸(4)の上端側のラジアル方向の位置を検出するラジアル位置センサ(16)が配置されている。さらに、上記スラスト磁気軸受(11)と下側のラジアル位置センサ(16)との間には、回転軸(4)の回転異常時に該回転軸(4)が上記電磁石(11b), (12b)や各位置センサ(13), (16)等に接触しないようにそのスラスト及びラジアル浮上方向の移動を規制する2つのタッチダウンベアリング(17), (17)が配置されている。そして、電動モータ(7)と上側のラジアル磁気軸受(12)との間には、同様に回転軸(4)のラジアル浮上方向の移動を規制する1つのタッチダウンベアリング(17)が配置されている。

【0026】上記ポンプロータ(5)は、下端が開口された有底筒状をなしていて、上記回転軸(4)の上端部にボルト(18), (18), …により回転一体に連結されている。その外周側の上半部には、各々、半径方向外方に向かって延びるように設けられた複数の動翼(19), (19), …が軸心方向に多段に配置されている。一方、これら動翼(19), (19), …に対向して、上部ポンプケーシング(3e)の内周側には、各々、半径方向内方に向かって延びるように設けられた複数の静翼(20), (20), …が同じく軸心方向に多段にかつ動翼(19), (19), …と交互に位置するように配置されている。また、上下に隣接する静翼(20), (20)間にはスペーサ(21)がそれぞれ介装されている。そして、これら動翼(19), (19), …及び静翼(20), (20), …により、ターボポンプが構成されている。

【0027】また、上記ポンプロータ(5)の外周面下半部は円筒面とされている。一方、この円筒面に對向する上記下部ポンプケーシング(3d)の内周には、複数条のねじ溝(22), (22), …が設けられている。そして、これら円筒面及びねじ溝(22), (22), …により、ねじポンプが構成されている。

【0028】上記内部ケーシング(3a)、排気口ケーシング(3b)及び下部ポンプケーシング(3d)間に、円環状の環状路(23)が回転軸(4)の周りを巡るよう形成されている。この環状路(23)は、排気口ケーシング(3b)に設けられた連通路(24)により上記排気口(2)に連通している。尚、図1において、(25)は、上記各磁気軸受(11), (12)の電磁石(11b), (12b)、モータ(7)のステータ(9)における各磁極(9a)の各巻線(9b)及び各センサ(13), (14), (16)等と、図外の給電装置及び制御装置とを電気的に接続するためのコネクタである。

【0029】したがって、上記実施形態では、ポンプロータ(5)が回転一体に設けられた回転軸(4)に同じく回転一体に外嵌合されたロータ(8)を有するモータ(7)がSRモータからなるので、ロータ(8)の各磁極(8a)における円周方向の幅を大きくしてロータ(8)の長さを短くすることができると共に、ステータ(9)の各磁極(9a)における各巻線(9b)がその各磁極(9a)で完結してて各コイルエンド(9c)を短くすることができる。また、各コイルエンド(9c)が短いので、銅損が少なく、ステータ(9)の各磁極(9a)を常にN極又はS極に固定することができるので、鉄損も少ない。このため、モータ(7)の効率を高くすることができる。この結果、ACモータやDCモータに対して出力及び外径が同じであれば、このモータ(7)の全長を半分程度にすることができます。このことで、モータ性能をACモータやDCモータと略同じに維持しつつ、モータ(7)の全長が短くなる分だけ回転軸(4)の全長を直に短くすることができ、ロータ(8)、回転軸(4)及びポンプロータ(5)の回転系の曲げ共振周波数をより一層高くすることができる。よって、共振現象の発生を防止しつつ、回転軸(4)をより高速で回転させることができ、ターボ分子ポンプ(A)の真空性能を向上させることができる。

【0030】また、回転軸(4)は、スラスト磁気軸受(11)及びラジアル磁気軸受(12)により浮上保持されるように構成されているので、スラスト磁気軸受(11)、スラスト位置センサ(13)、各ラジアル磁気軸受(12)、各ラジアル位置センサ(16)及び各タッチダウンベアリング(17)を回転軸(4)に沿って配置するために回転軸(4)の全長が長くなり、曲げ共振周波数が低くなる傾向にある。しかし、上記実施形態では、モータ(7)の全長を短くすることができるので、スラスト磁気軸受(11)及びラジアル磁

気軸受(12)を使用しても、曲げ共振周波数を低下させることはなく、各磁気軸受(11)、(12)により回転軸(4)の回転を安定させることができる。よって、ターボ分子ポンプ(A)の真空性能を安定的に向上させることができる。

【0031】尚、上記実施形態では、真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ(A)を駆動するモータ(7)をSRモータとしたが、回転系の曲げ共振周波数が問題となる程度に高速で回転させる必要のあるポンプであれば、どのようなポンプにも本発明を適用することができる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によると、モータによって回転駆動されるポンプに対して、そのモータをスイッチドリラクタンスマータしたことにより、ポンプ性能の向上化を図ることができる。

【0033】請求項2の発明によると、モータのロータ及びポンプロータを同一回転軸上に回転一体に設けたことにより、請求項1の発明の作用効果をより高めることができる。

【0034】請求項3の発明によると、回転軸を、磁気軸受により浮上保持されるように構成したことにより、請求項2の発明の有効な利用を図ることができ、ポンプ性能の安定向上化を図ることができる。

【0035】請求項4の発明によると、ポンプを真空ポンプとしたことにより、請求項1、2又は3の発明の最適な利用を図ることができる。

## 図の説明

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプの全体構成を示す断面図である。

【図2】図1のII—I線拡大断面図である。

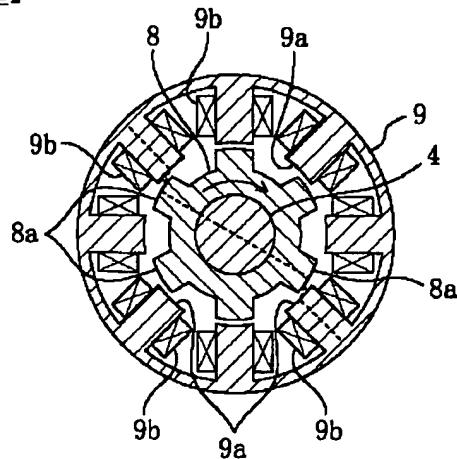
【図3】モータの動作原理を模式的に示す断面図である。

### 【符号の説明】

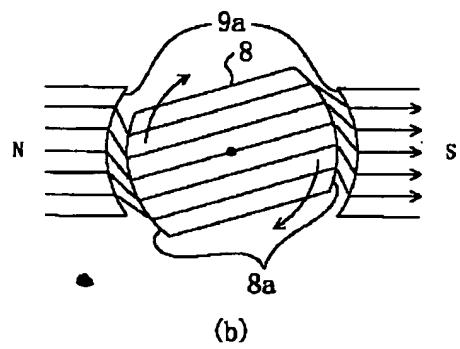
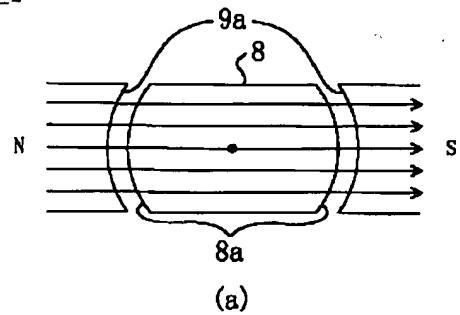
- (A) ターボ分子ポンプ(真空ポンプ)
- (4) 回転軸
- (5) ポンプロータ
- (7) モータ
- (8) モータロータ
- (11) スラスト磁気軸受
- (12) ラジアル磁気軸受

## 図面

### 【図2】



【図3】



【図1】

